Variable : $M_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la mina } i \text{ está abierta en el año } j \\ 0 & \text{c.c} \end{cases}$

$E_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la mina } i \text{ está siendo explotada en el año } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$

T_j = toneladas de minerales de hierro extraídas en el año j

C_{ij} = # de $\underset{\text{millones Tn}}{\wedge}$ hierro que la mina i extrajo en el año j

s.a :

$M_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \{1,\dots,4\} \ \forall j \in \{1,\dots,5\}$
$E_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in \{1,\dots,4\} \ \forall j \in \{1,\dots,5\}$
$C_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in \{1,\dots,4\} \ \forall j \in \{1,\dots,5\}$

} declaración

* Si la mina está abierta puede o no estar siendo explotada pero si no está abierta no

- $E_{ij} \leq M_{ij} \quad \forall i \ \forall j$

* Si la mina NO está siendo explotada NO se puede extraer hierro

- $C_{ij} \leq M E_{ij} \quad \forall i \ \forall j$ M puede variar según la mina o puedo tomar max entre límites de extracción

* Si la mina NO está abierta NO puedo extraer
=> Las 2 anteriores lo implican

* Una vz cerrada una mina NO se puede reabrir

$$M_{ij} \leq M_{ij+1} \quad \forall i \; \forall j \in \{1, \dots, 4\}$$

x lo anterior $\Rightarrow$ NO puedo explotar una mina ya cerrada

* Se pueden explotar 3 por año a lo sumo

$$\sum_{i=1}^{4} E_{ij} \leq 3 \quad \forall j$$

* Todas las minas se abren en el año 1

$$M_{i1} = 1 \quad \forall i$$

* Por año $\exists$ límite de extracción para c/mina

$$\left.\begin{aligned} C_{1j} &\leq 2 \\ C_{2j} &\leq 2{,}5 \\ C_{3j} &\leq 1{,}7 \\ C_{4j} &\leq 3 \end{aligned}\right\} \forall j$$

* Por año hay una restricción de calidad

$$C_{11} + 0{,}7C_{21} + 1{,}5C_{31} + 0{,}5C_{41} \leq 0{,}9$$
$$C_{12} + 0{,}7C_{22} + 1{,}5C_{32} + 0{,}5C_{42} \leq 0{,}8$$
$$C_{13} + 0{,}7C_{23} + 1{,}5C_{33} + 0{,}5C_{43} \leq 1{,}2$$
$$C_{14} + 0{,}7C_{24} + 1{,}5C_{34} + 0{,}5C_{44} \leq 1$$
$$C_{15} + 0{,}7C_{25} + 1{,}5C_{35} + 0{,}5C_{45} \leq 1{,}1$$

f.o.: max $\sum_{j=1}^{5} \sum_{i=1}^{4} \left(c_{ij} \cdot \underset{d}{10^7} - R_i\, M_{ij} - f(\partial) \right)$

10 millones x Tn pero c_{ij} en millones de Tn

Regalía

Hagamos las restricciones de la multa:

z_j = valor de la multa en el año j

$\sum_{s=1}^{3} \delta_s = 1 \quad \forall s \in S = \{1,2,3\}$ 3 segmentos y $K = \{1, \dots, 6\}$ 6 extremos

$\lambda_1 + \lambda_2 = \delta_1$

$\lambda_3 + \lambda_4 = \delta_2$

$\lambda_5 + \lambda_6 = \delta_3$

$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k \in K$

$\left.\begin{array}{l} \lambda_3 \leq 1 - \varepsilon \\ \lambda_5 \leq 1 - \varepsilon \end{array}\right\}$ $f(\partial)$ es discontinua

$z_j = 4\lambda_2 + 7\lambda_3 + 13\lambda_4 + 27\lambda_5 + 32\lambda_6$

$\partial_j = 2\lambda_2 + 2\lambda_3 + 4\lambda_4 + 4\lambda_5 + 5\lambda_6$

$\partial_j \geq \frac{2}{3} \sum_{i=1}^{5} c_{ij}$

$z_j \in \mathbb{R},\ \lambda_k \in \mathbb{R} \quad \forall j \quad \forall k$

Variable: $M_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la mina } i \text{ está abierta en el año } j \\ 0 & \text{c.c} \end{cases}$

$E_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la mina } i \text{ está siendo explotada en el año } j \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$

C_{ij} = # de hierro que la mina i extrajo en el año j
(millones Tn)

f.O.: max $\sum_{j=1}^{5} \sum_{i=1}^{4} \left(C_{ij} \cdot 10^7 - R_i \, M_{ij} - z_j \right)$

$$\left.\begin{array}{ll} M_{ij} \in \{0,1\} & \forall i \in \{1,\dots,4\} \; \forall j \in \{1,\dots,5\} \\ E_{ij} \in \{0,1\} & \forall i \in \{1,\dots,4\} \; \forall j \in \{1,\dots,5\} \\ C_{ij} \geq 0 & \forall i \in \{1,\dots,4\} \; \forall j \in \{1,\dots,5\} \end{array}\right\} \text{declaración}$$

- $E_{ij} \leq M_{ij} \quad \forall i \, \forall j$
- $C_{ij} \leq M \, E_{ij} \quad \forall i \, \forall j$

$M_{ij} \leq M_{ij+1} \quad \forall i \, \forall j \in \{1,\dots,4\}$

$$\sum_{i=1}^{4} E_{ij} \leq 3 \quad \forall j$$

$M_{i1} = 1 \quad \forall i$

$$\left.\begin{array}{l} C_{1j} \leq 2 \\ C_{2j} \leq 2{,}5 \\ C_{3j} \leq 1{,}7 \\ C_{4j} \leq 3 \end{array}\right\} \forall j$$

$C_{11}+0{,}7C_{21}+1{,}5C_{31}+0{,}5C_{41} \leq 0{,}9$

$C_{12}+0{,}7C_{22}+1{,}5C_{32}+0{,}5C_{42} \leq 0{,}8$

$C_{13}+0{,}7C_{23}+1{,}5C_{33}+0{,}5C_{43} \leq 1{,}2$

$C_{14}+0{,}7C_{24}+1{,}5C_{34}+0{,}5C_{44} \leq 1$

$C_{15}+0{,}7C_{25}+1{,}5C_{35}+0{,}5C_{45} \leq 1{,}1$

$Z_j =$ valor de la multa en el año j

6 extremos

$\sum_{s=1}^{3} \delta_s = 1 \quad \forall s \in S = \{1,2,3\}$ 3 segmentos y $K=\{1,\dots,6\}$

$\lambda_1+\lambda_2 = \delta_1$

$\lambda_3+\lambda_4 = \delta_2$

$\lambda_5+\lambda_6 = \delta_3$

$\lambda_k \geq 0 \quad \forall k \in K$

$\lambda_3 \leq 1-\varepsilon$
$\lambda_5 \leq 1-\varepsilon$ } $f(a)$ es discontinua

$Z_j = 4\lambda_2 + 7\lambda_3 + 13\lambda_4 + 27\lambda_5 + 32\lambda_6$

$a_j = 2\lambda_2 + 2\lambda_3 + 4\lambda_4 + 4\lambda_5 + 5\lambda_6$

$a_j \geq \frac{2}{3}\sum_{i=1}^{5} C_{ij}$

$Z_j \in \mathbb{R},\ \lambda_k \in \mathbb{R}\ \forall j\ \forall k,\ \delta_s \in \{0,1\}\ \forall s \in S$